MANUALE DI ISTRUZIONI
PER LO STOCCAGGIO E L'INSTALLAZIONE
DEI CALCESTRUZZI REFRATTARI

I N D I C E

1. INTRODUZIONE
1.1 STOCCAGGIO
1.2 PIANIFICAZIONE E PRECAUZIONI
1.3 ANCORAGGI
1.4 FORMATURA
2.1 IMPASTO
3.1 GETTATA
3.2 INTONACO
3.3 SPRUZZO
4.1 STAGIONATURA
4.2 ESSICCAMENTO ALL'ARIA E VENTILAZIONE
5.1 INSTALLAZIONE A BASSE TEMPERATURE
5.2 INSTALLAZIONE AD ALTE TEMPERATURE
6.1 GIUNTI
6.2 MESSA IN ESERCIZIO
7.1 ISPEZIONI
7.2 RIPARAZIONI
8.1 CAMPIONATURA E PROVE
8.2 PROVE PRIMA DELLA POSA IN OPERA
8.3 PROVE DURANTE LA POSA IN OPERA
8.4 PROVE DOPO LA POSA IN OPERA
9.1 REALIZZAZIONE DI PEZZI PREFORMATI

I N T R O D U Z I O N E

La Thermal Ceramics produce numerosi calcestruzzi refrattari, sia densi che isolanti, per alte temperature e a presa idraulica, installati a getto, vibrazione, proiezione manuale o pneumatica, che rispondono a una grande varietà di necessità industriali.

Ognuno di questi materiali consiste in una miscela di materie prime di alta qualità, attentamente selezionate, miscelate ed imballate.

Una delle regole della Thermal Ceramics rigorosamente applicate alla produzione di questi calcestruzzi, stabilisce che nessun aggregato proveniente da materiali refrattari recuperati dalla demolizione di rivestimenti di vecchi forni venga mai incluso in alcuna formulazione.

Gli specialisti della Thermal Ceramics controllano rigorosamente sia il ciclo di produzione che le proprietà del prodotto finito, per garantire la loro eccellente qualità ed uniformità.

I nostri programmi di sviluppo della produzione sono permanentemente puntati in alto per assicurare la fornitura di prodotti sempre migliori ed innovativi.
Se necessario, i calcestruzzi possono essere studiati in modo tale da rispondere a specifiche esigenze di un singolo cliente.

Questo opuscolo di istruzioni e raccomandazioni ha lo scopo di fungere guida per ottenere i migliori risultati da questi prodotti di alta qualità.

I tecnici della Thermal Ceramics sono sempre a disposizione della clientela nel caso questa guida non fosse sufficiente per un'applicazione particolare, inoltre i suoi specialisti possono fornire a richiesta un'assistenza completa in loco.

Classificazione dei calcestruzzi

La Thermal Ceramics classifica i suoi calcestruzzi secondo la loro densità dopo essiccamento in stufa a 105°C, riscontrata su provini formati a getto.

Tipo di calcestruzzo	Densità dopo essiccamento a 105°C	
Leggerissimi	Meno di	720 kg/m^3
Leggeri		720 – 1200 kg/m^3
Medi		1200 – 1840 kg/m^3
Densi	Più di	1840 kg/m^3

1.1 STOCCAGGIO

I calcestruzzi Thermal Ceramics sono imballati in sacchi di carta multistrato, protetti da una pellicola di polipropilene e sono, in seguito, sistemati su pallets ricoperti da un cappuccio di termo-retraibile impermeabile.

Per conservarli in buone condizioni, è essenziale che siano stoccati in un magazzino fresco, secco e ventilato, sollevati dal pavimento e lontani dalle pareti.

L'eventuale umidificazione della miscela secca può intaccare la resistenza meccanica del calcestruzzo e provocare una presa prematura nei sacchi. Se questo dovesse accadere il materiale andrebbe scartato.

Se il calcestruzzo è depositato all'aperto, deve essere sistemato su una piattaforma ventilata, sollevato dal suolo e ricoperto da teloni resistenti per evitare che i sacchi entrino a contatto con l'acqua o con l'umidità del suolo. È opportuno mantenere attorno al pallet il più a lungo possibile le coperture originali come protezione aggiuntiva.

Nelle basse temperature, si raccomanda di immagazzinare il materiale al riparo dal gelo in modo che l'acqua della miscela, nel momento in cui viene aggiunta al materiale secco, non geli.
Nel caso in cui tale accorgimento non fosse possibile, i sacchi dovranno essere depositati in una zona riscaldata, ad almeno 15°C, per un minimo di 48 ore prima dell'aggiunta di acqua.

Nei climi caldi, i sacchi di materiale secco vanno tenuti al riparo in luoghi mantenuti asciutti e freschi in ogni modo possibile e sicuramente non dovranno rimanere esposti ai raggi del sole.

A causa del processo di invecchiamento dei leganti utilizzati nelle formulazioni, la durata di conservazione dei calcestruzzi a presa idraulica è limitata. Come regola generale, se lo stoccaggio avviene in ambienti freschi, asciutti e ventilati, la loro durata sarà di almeno 6 mesi.

Se, al momento del suo utilizzo, il cemento ha sostato in magazzino per più di sei mesi, anche se appare in buone condizioni ed è quindi asciutto, senza grumi né alcun segno d'inizio di presa, è necessario miscelare una piccola quantità di materiale e provarne le proprietà fisiche.
Se è previsto che il materiale rimanga in magazzino per un lungo periodo, si raccomanda di predisporre affinché tale materiale sia provato ogni tre mesi dopo la prima verifica ai 6 mesi iniziali.

La resistenza alla compressione a freddo e la densità del materiale ottenute dopo la miscelazione con la quantità di acqua specificata, la presa, la stagionatura e l'essiccamento in stufa a 105°C, sono elementi sufficienti per decidere se un materiale può essere utilizzato oppure no.
In caso di dubbio, contattare gli specialisti della Thermal Ceramics.

È possibile, su specifica richiesta, sistemare al di sotto della copertura del pallet delle piccole confezioni di uno speciale sale deumidificante, per allungare la durata del prodotto da 6 ad almeno 12 mesi, sempre nel caso in cui il calcestruzzo sia immagazzinato nelle condizioni raccomandate: in luogo fresco, asciutto e ben ventilato.

1. pallet di calcestruzzo

2. doppio cappuccio con confezioni di sale deumidificante

1.2 PIANIFICAZIONE E PRECAUZIONI

Prima di iniziare la posa in opera, è necessario pianificare le operazioni.
Per cominciare, bisogna assicurarsi che tutti i materiali e le attrezzature necessarie siano disponibili o che lo saranno al momento dell'utilizzo.

Temperatura ambiente

Durante la posa e la stagionatura del calcestruzzo, la temperatura ambiente dovrà essere compresa tra 10°C e 32°C. Se necessario, si dovranno intraprendere delle misure per mantenerla tale durante tutta l'operazione. Questo vale anche per le superfici con le quali il calcestruzzo viene a contatto, quali la struttura del forno o i rivestimenti refrattari pre-esistenti.

Acqua

L'acqua da aggiungere al calcestruzzo secco dovrà essere ad una temperatura compresa tra i 10°C e i 25°C.
Si raccomanda di utilizzare solamente acqua potabile pulita, esente da sale e zucchero o da qualunque altra sostanza estranea.
In caso di dubbi sulla qualità dell'acqua, sarà necessario procedere alla sua analisi.
Le raccomandazioni della Thermal Ceramics prevedono le seguenti caratteristiche:

pH		6,5 – 8,35
Ca^{2+}	inferiore a	300 ppm
Mg^{2+}	"	300 ppm
$K^{+} + Na^{+}$	"	150 ppm
Cl^{-}	"	200 ppm
Fe^{3+}	"	300 ppm
SO_4^{2-}	"	200 ppm
Residuo dopo evaporazione a 180°C	"	1500 ppm

Se non conforme a questi requisiti, si dovrà usare acqua demineralizzata.
I recipienti impiegati per stoccare e travasare l'acqua devono essere ben puliti, per evitare l'ingresso di sostanze inquinanti.

Per ulteriori informazioni, consultare i tecnici della Thermal Ceramics.

Manodopera, attrezzature e apparecchiature

Bisogna verificare che la manodopera e le attrezzature in cantiere siano sufficienti per ultimare i lavori nei tempi richiesti, considerando anche il tempo necessario per la stagionatura e l'essiccamento e che inoltre, sia prevista la quantità corrispondente di forme e di casseri.
I mescolatori devono essere puliti, senza traccia alcuna di prodotti estranei, quali il cemento Portland, per evitare delle prese troppo rapide o insufficienti resistenze meccaniche.
Tutte le apparecchiature e gli attrezzi quali mescolatori, vasche, carriole, cazzuole, vibratori, etc. devono essere mantenuti puliti.
I mescolatori e l'area circostante dovranno essere puliti ed al riparo dalle intemperie.
Le strutture in acciaio da rivestire dovranno presentarsi asciutte, pulite, esenti da ruggine, grasso, olio, polvere e qualunque altro materiale estraneo.

1.3 ANCORAGGI

I rivestimenti dei forni sono supportati da ancoraggi di vari tipi. Tali ancoraggi sono saldati alla struttura metallica e sono utilizzati isolatamente o in combinazione, per utilizzare al meglio le loro caratteristiche individuali.

Sul mercato esiste una vasta gamma di ancoraggi flessibili e rigidi ed anche di supporti adatti per tutte le posizioni, temperature e condizioni di processo.
La scelta del tipo di ancoraggio o del supporto, come pure la loro distanziatura e lo schema di montaggio, sono determinati in fase di progetto, tenendo in considerazione lo spessore del rivestimento, la posizione, le condizioni di processo.

La temperatura massima consentita per un ancoraggio metallico dipende da una serie di fattori, quali l'atmosfera all'interno del forno e la sezione dell'ancoraggio stesso. In presenza di atmosfere normalmente ossidanti e in assenza di zolfo, bisognerebbe considerare i seguenti valori massimi che la temperatura può raggiungere all'estremità calda dell'ancoraggio:

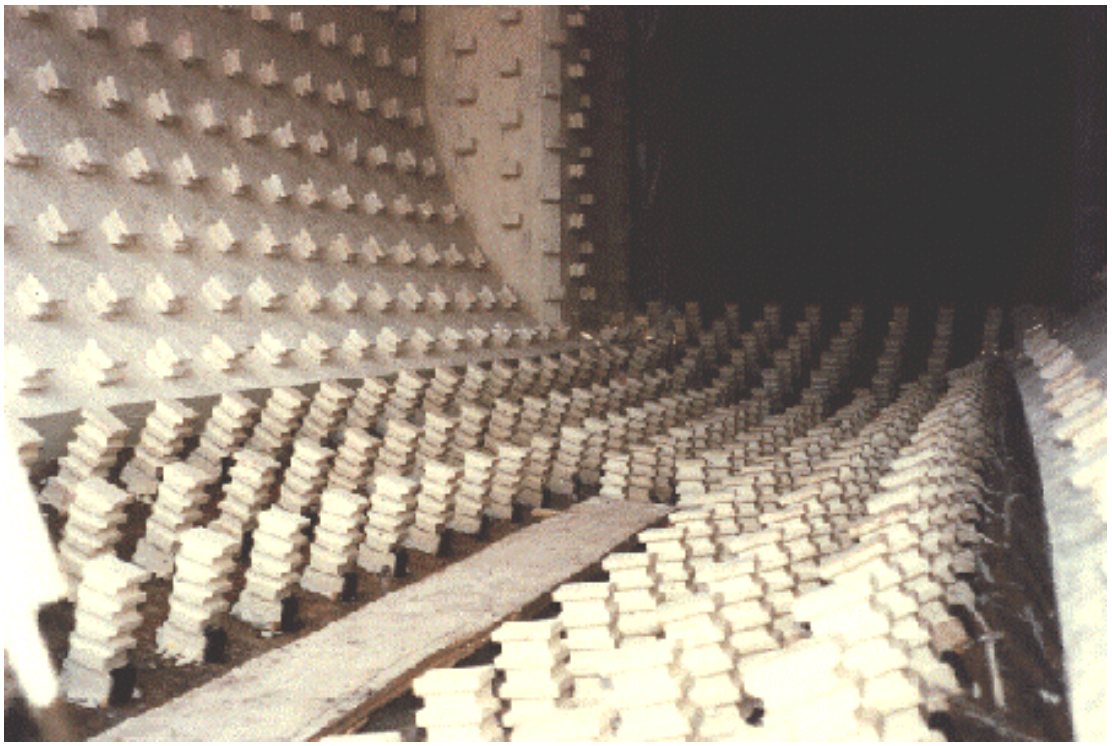
Acciaio o lega	**Temperatura**
Acciaio al carbonio	590°C
Leghe Nichel-Cromo	
18% Cr - 8% Ni (Tipo 304)	870°C
25% Cr - 20% Ni (Tipo 310)	1100°C
Leghe speciali	
20% Cr - 32% Ni (es. Lega 800)	1100°C
23% Cr - 60% Ni (es. Inconel 601)	1200°C

Se il combustibile usato contiene più dello 0,5% di zolfo, si eviti l'impiego di ancoraggi al carbonio.

In generale la lunghezza dell'ancoraggio metallico deve essere tale che la sua estremità rimanga per 12,5 – 25 mm lontana dalla faccia calda del rivestimento e che il suo spessore sia sufficiente per l'applicazione.

Gli ancoraggi saldati alla struttura del forno devono essere ben fissati senza che ci siano interruzioni dei punti di saldatura. È bene sottoporre a prove di resistenza alcune saldature prima di applicare il calcestruzzo.

Ogni ancoraggio, correttamente saldato, deve poter sopportare una flessione di 15 gradi rispetto alla sua posizione normale nella direzione della sua sezione di massima resistenza e viceversa senza presentare alcun segno di cedimento della saldatura.



3. Ancoraggi refrattari per un CO boiler

4. Ancoraggi refrattari e in acciaio inossidabile per un CO Boiler

Si raccomanda di proteggere gli ancoraggi con nastro adesivo o di rivestirli con vernice bituminosa, per permettere la loro dilatazione quando il rivestimento viene portato in temperatura. Questo contribuisce ad evitare il rischio di lesioni del rivestimento in corrispondenza degli ancoraggi e, inoltre, contribuisce alla riduzione del carico termico sull'ancoraggio stesso (sono disponibili anche ancoraggi metallici con una protezione in plastica direttamente eseguita all'origine)

Gli ancoraggi ceramici vengono invece impiegati quando il calcestruzzo richiede un supporto che sia completamente in comunicazione con la superficie portante oppure quando le temperature sono tali da superare i limiti di sicurezza dell'impiego degli ancoraggi metallici.
Le estremità degli ancoraggi ceramici sono progettate per essere esposte all'interno del forno e la loro faccia calda dovrebbe rimanere sottoposta, per circa 2 mm, alla superficie calda del rivestimento refrattario

Gli ancoraggi ceramici devono essere resistenti al calore almeno quanto il rivestimento che sostengono e devono inoltre essere saldamente fissati ad ancoraggi metallici a loro volta fissati alla struttura del forno, prima dell'inizio dei lavori di rivestimento.

5. Ancoraggi metallici per un rivestimento di calcestruzzo refrattario isolante

1.4 FORMATURA

Per tutti i tipi di calcestruzzo, le casseforme devono essere costruite in materiale resistente, non assorbente e impermeabile; generalmente vengono impiegate casseforme metalliche o in legno. In ogni caso, la loro struttura deve essere rigida e tale da non piegarsi sotto il peso del calcestruzzo.
Le sue giunzioni devono essere a tenuta stagna in modo da non lasciare fuoriuscire acqua che potrebbe contenere una certa quantità di materiale fine ricco di cemento.

6. Preparazione di una cassaforma

Il problema della tenuta delle casseforme si presenta particolarmente con i calcestruzzi leggeri, che richiedono una maggiore quantità di acqua rispetto agli altri tipi. Se si verifica una perdita, un'eventuale riduzione della quantità d'acqua diminuirà la viscosità del calcestruzzo. Inoltre, la modifica delle sue caratteristiche fisiche, la diminuzione del suo rendimento volumetrico dovuto all'aumento della sua densità, ridurrà la quantità di materiale in cantiere. Il problema deve essere risolto con la modifica delle casseforme.

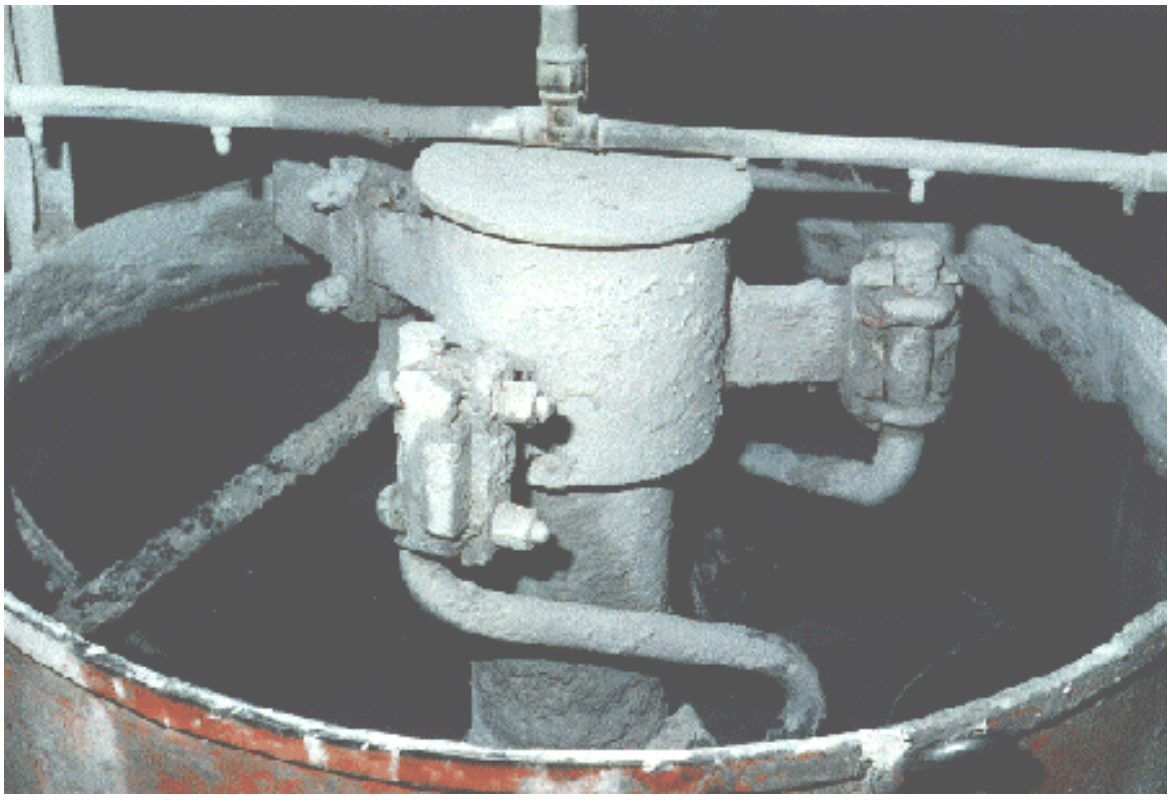
Le casseforme devono essere oliate o opportunamente trattate per facilitare la sformatura.
Esistono numerosi tipi di agenti sformatori e una scelta corretta consentirà che l'operazione venga compiuta facilmente senza alcun danno alla superficie del calcestruzzo.

2.1 MISCELAZIONE

Si raccomanda vivamente di usare un mescolatore verticale a pale.

Mentre per i calcestruzzi isolanti l'uso di questo tipo di apparecchio è preferibile, diventa invece essenziale per i calcestruzzi densi, in quanto permette un impasto corretto anche con una quantità decisamente inferiore di acqua di quanto non avvenga con un mescolatore classico.

Il grado di umidità è un fattore critico per i calcestruzzi densi, per i quali si richiede una resistenza meccanica elevatissima insieme a una densità ottimale. Per loro natura, i calcestruzzi isolanti sono meno resistenti di quelli densi ed è quindi importante impastarli correttamente con la giusta quantità d'acqua.
Troppa acqua ridurrà la densità e la resistenza meccanica, troppo poca ridurrà la quantità di impasto e ne deriveranno quindi un aumento dei costi e il rischio di carenza di materiale da impiegare.
A causa della possibilità di segregazione dei vari componenti del calcestruzzo all'interno delle confezioni durante il trasporto dallo stabilimento al cantiere, è essenziale che vengano miscelati solo sacchi completi con la quantità d'acqua specificata. Se, per qualunque motivo, fosse impossibile utilizzare un sacco completo, prima di prelevare la quantità necessaria il contenuto del sacco deve essere intensamente miscelato a secco.

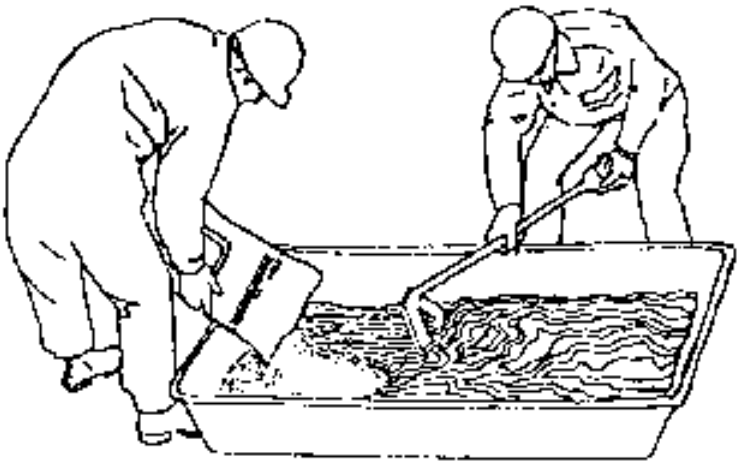


7. Mescolatore a pale

Per realizzazioni importanti, soprattutto all'estero, quando si prevedono lunghi tempi di trasporto e lunghi tempi di stoccaggio prima dell'installazione, la Thermal Ceramics può inviare vari tipi di calcestruzzi imballati separatamente: in un gruppo di sacchi ci sarà il materiale inerte, tipo aggregati, mentre in un altro gruppo di sacchi o fusti metallici ci sarà il legante.

Le quantità di ciascuno dei due componenti sono tali che un numero intero dell'uno deve essere mescolato con un numero intero dell'altro, senza bisogno di pesatura in loco.

La ricomposizione del calcestruzzo deve essere eseguita, rigorosamente secondo le specifiche della Thermal-Ceramics, da personale specializzato e con attenta supervisione. La miscelazione a secco può essere eseguita a mano in un recipiente o su di una superficie pulita, ruotando il materiale per almeno 6 volte, o in un mescolatore impastando per almeno 2 minuti.



La quantità dell'acqua da aggiungere alla miscela secca, deve rispondere ai requisiti indicati al punto1.2.
La quantità di acqua deve essere conforme alle specifiche della Thermal Ceramics, affinché si ottengano le stesse proprietà fisiche.

Per impastare il cemento, si raccomanda di versare inizialmente l' 80-90% della quantità di acqua indicata dalla Thermal Ceramics e, successivamente, aggiungere gradualmente l'acqua restante fino ad ottenere la consistenza desiderata.
Sebbene esistano alcuni metodi riconosciuti per determinare la corretta consistenza e ci siano supervisori in grado di riconoscerla direttamente dall'aspetto del prodotto nel mescolatore, si forniscono i seguenti criteri pratici per l'esecuzione (a meno di istruzioni specifiche fornite dalla Thermal Ceramics per particolari applicazioni):

- per i calcestruzzi isolanti, aggiungere esattamente la quantità d'acqua indicata sulle più recenti specifiche della Thermal Ceramics;

- per i calcestruzzi densi, utilizzare la quantità minima di acqua richiesta per la loro posa in opera, che in nessun caso supererà quella indicata nelle più recenti specifiche della Thermal Ceramics. Il metodo migliore per verificare la quantità di acqua in un cemento denso è "la prova della palla" descritta più avanti.

Il tempo medio di impasto è normalmente di tre minuti e questo andrebbe controllato. Un tempo eccessivo per un calcestruzzo leggero altera le proprietà del materiale data la fragilità della maggior parte degli aggregati isolanti che possono disgregarsi a causa di una mescolazione troppo prolungata. Per buona regola si dovrebbero impastare solo quantità di materiale che sia possibile posare entro 20 minuti dall'aggiunta di acqua. In condizioni di temperature elevate, è meglio diminuire la quantità d'impasto in modo che sia possibile installarla entro 10 minuti.

Prova della "palla in mano"

Aggiungere al calcestruzzo una quantità di acqua sufficiente a formare una palla che " rimbalzi " nel palmo della mano.
Se troppo secca, la palla sarà friabile; se troppo bagnata tenderà a scivolare tra le dita.
Rimbalzando, la palla deve avere un aspetto luccicante dovuto all'acqua sulla superficie, ma né acqua né cemento devono rimanere cemento devono rimanere sul palmo della mano.
Le foto della pagina seguente mostrato chiaramente le 3 situazioni.

8. Test della “palla in mano”

- Troppo asciutto

- Corretto

- Troppo bagnato

3.1 GETTATA

Durante la posa in opera del calcestruzzo, la temperatura sia della struttura del forno che delle casseforme e del calcestruzzo stesso deve essere mantenuta tra i 10° ed i 32°C.
La posa in opera del calcestruzzo deve avvenire immediatamente dopo il suo impasto.
Il materiale va versato in modo tale da ridurre al minimo ogni possibilità di segregazione; esso va gettato lentamente, in opera, avendo cura di riempire ogni profilo e sotto squadro evitando così la formazione di tasche o di bolle d'aria.
Per i calcestruzzi isolanti, sono generalmente sufficienti una battitura o una costipatura per eliminare i vuoti e consolidare il materiale senza doverlo eccessivamente compattare. Se fosse necessario un vibratore, sarà opportuno utilizzare una piccola mazza in modo da rimuovere il calcestruzzo invece di compattarlo. La battitura dei calcestruzzi isolanti - specialmente quelli che la Thermal Ceramics definisce " Refrattari isolanti leggeri " o " Isolanti " e che contengono aggregati relativamente fragili e/o aggregati leggeri quali la vermiculite - deve essere sufficiente per la posa del materiale, ma non eccessiva per evitare la degradazione degli aggregati e la compattazione della vermiculite, il che comporterebbe un aumento della densità con conseguente perdita delle caratteristiche isolanti (e rischio di mancanza di materiale in cantiere).
Per i calcestruzzi densi, l'impiego di un vibratore è più importante e l'effetto della vibrazione durante la posa in opera è decisiva poiché riduce la quantità d'aria nell'impasto permettendo di ottenere una densità ottimale del prodotto.

9. Getto nella cassaforma con vibratore ad ago.

La vibrazione può cessare quando non si vede più aria fuoriuscire dalla miscela. Normalmente, questa operazione non dovrebbe durare più di 2-3 minuti.
Una vibrazione troppo prolungata potrebbe causare la segregazione della miscela (se si verifica un accumulo di acqua sulla superficie durante la vibrazione significa che la miscela è troppo umida e converrà quindi diminuire la quantità nell'impasto successivo).
Tutti i movimenti del vibratore nel calcestruzzo devono essere lenti e accurati per permettere lo scorrimento del materiale in modo da riempire completamente i vuoti da lui creati durante il movimento.

Bisogna avere cura di spostare il vibratore dappertutto all'interno della cassaforma, per farlo agire su tutto l'impasto; particolare attenzione deve essere prestata agli angoli e intorno agli ancoraggi.
L'impiego del vibratore và sospeso non appena l'impasto comincia a rassodarsi.

Una volta iniziata, l'operazione deve procedere senza interruzione fino a che l'intera sezione del rivestimento non sia stata completata.
Se si verifica un'inevitabile interruzione, il bordo "bagnato" del rivestimento deve essere interrotto perpendicolarmente alla superficie per l'intero spessore del rivestimento (oppure del singolo strato, se il rivestimento è a più strati). Tutto il materiale che precede l'interruzione va rimosso ed eliminato.
I tempi tra le gettate di lotti successivi devono essere tali da garantire che il primo lotto non abbia iniziato a far presa.

Dovendo trattare grandi superfici è preferibile suddividerle in piccoli settori per un'esecuzione più agevole.
Per gettate in orizzontale, le superficie dovrebbe essere di circa 1mt. x 1mt., senza mai superare 1,5mt. x 1,5mt.

Ciascun lotto del mescolatore dovrebbe essere sufficiente per realizzare uno strato intero di rivestimento invece di ricorrere a successivi strati per ottenere il necessario spessore.
Per gettate in verticale, si consigliano casseforme con dimensioni massime di 1,5mt di lunghezza e 0,5 di altezza.
Il calcestruzzo va gettato uniformemente per la lunghezza della cassaforma e deve consolidarsi in modo da ottenere un rivestimento omogeneo.

Nella realizzazione di rivestimenti multistrati, la superficie del primo strato deve essere di consistenza tale da nono assorbire acqua da quello successivo.
Non si inizi mai lo strato successivo se il precedente non è stato completato.

La superficie deve essere livellata semplicemente con un listello e mai lisciata con la cazzuola.

Nel caso di camini cilindrici e di condotte circolari, può essere più conveniente procedere al loro rivestimento posizionandoli in orizzontale sul pavimento. Il rivestimento viene eseguito a sezioni " orizzontali " e completato per stadi lungo la circonferenza imprimendo rotazioni parziali al camino o alla condotta.

Per diametri inferiori a 1,5 mt. sono necessarie 4 rotazioni (di 90° ciascuna) che, in certe condizioni, possono essere indotte a 3, che tuttavia saranno il minimo assoluto.
Per diametri superiori saranno necessarie più rotazioni.

Con questa tecnica, i calcestruzzi isolanti della Thermal Ceramics possono essere posati riducendo del 5% la quantità di acqua specificata in modo da rendere l'impasto più viscoso. Il rivestimento che ne consegue potrà quindi presentare una densità maggiore del 5% ma questo aspetto negativo sarà largamente compensato dal vantaggio di una più agevole installazione.

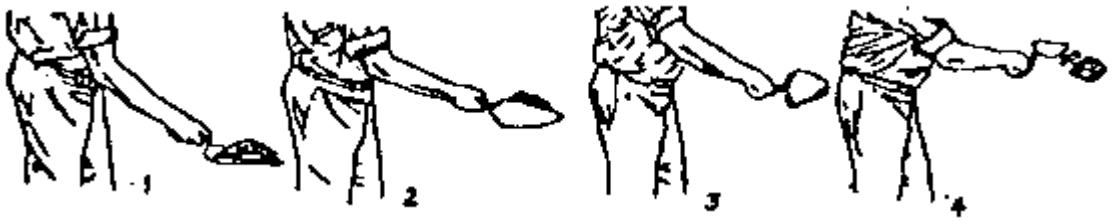
Margine

Nella stima preventiva della quantità di calcestruzzo necessario per una realizzazione bisogna sempre considerare un certo margine. N margine del 5% è normalmente sufficiente per compensare le perdite dovute a sacchi danneggiati, sfridi, materiali residui nei sacchi o nel mescolatore ecc… Per lavorazioni in condizioni disagevoli o in luoghi lontani, sarà bene elevare questo margine al di sopra del 10% o anche oltre, secondo stime da fare a caso per caso.

3.2 POSA CON CAZZUOLA

Sia ben chiaro che, benché alcune società di progettazione accettino l'uso della cazzuola unicamente per operazioni di finitura, la posa in opera di rivestimenti con questo attrezzo non è normalmente ammessa.
Ci sono tuttavia casi in cui il calcestruzzo può essere installato solo con questo metodo, per esempio, nei rivestimenti molto sottili o in posizioni scomode e poco accessibili quando gli altri metodi sono impraticabili.

Con la cazzuola vengono installate piccole quantità di calcestruzzo, mescolato ad una buona consistenza, che verrà raccolto e lanciato sulla superficie da rivestire. Questo si ottiene con un movimento rapido del braccio verso l'alto e successivo colpo secco del polso che dando velocità all'impasto posto sulla cazzuola gli permetterà di incollarsi dove voluto e di formare un rivestimento monolitico con il materiale precedente e quello che seguirà. Cosi facendo sarà possibile riempire le maglie della rete metallica che forma il sistema di ancoraggi per applicarvi il rivestimento.



In questo tipo di operazione, bisogna aggiungere la minore quantità di acqua possibile per raggiungere una notevole consistenza. Il contenuto di acqua può variare durante la prosecuzione del lavoro per rispondere alle esigenze dell'operatore. Non bisogna aggiungere altra acqua ad un impasto che inizia ad indurire. Questo " rinvenimento" riduce la resistenza del calcestruzzo ed è quindi opportuno scartare una miscela se si è indurita troppo.
Questo sta probabilmente ad indicare che la quantità d'acqua preparata è eccessiva e si raccomanda quindi di approntare impasti minori. Con questa tecnica il rivestimento va eseguito dal basso verso l'alto, o da sinistra a destra oppure in diagonale dall'angolo inferiore sinistro verso il superiore destro. L'installatore deve sempre avere a disposizione quantità gestibili di materiale per poter operare il più efficacemente possibile.

Operazione meno sconsigliabile è quella di sospingere in loco il calcestruzzo raccolto con la cazzuola invece di lanciarlo; il calcestruzzo viene raccolto sul fondo della cazzuola e spinto attraverso gli ancoraggi perché aderisca alla superficie consolidandosi con il materiale precedentemente sospinto. Questo metodo può diventare necessario in presenza di ancoraggi con piccole fessure.
Il calcestruzzo non va applicato in sottili strati multipli perché rischierebbe di scrostarsi e scheggiarsi durante la stagionatura e la cottura; è sempre preferibile applicare uno spessore monostrato.

La superficie del rivestimento deve essere assestata con lo spigolo della cazzuola o livellata con un listello per ottenere lo spessore voluto. La migliore tecnica di finitura deve ridursi al minimo possibile come pure minima deve essere l'azione col sotto della cazzuola. Non si deve aggiungere acqua sulla superficie. Dopo la spianatura, la superficie può essere strofinata con un panno umido per realizzare una trama su di essa.

Un trattamento eccessivo della superficie potrebbe far affiorare l'acqua e particelle fini del legante che, a loro volta, potrebbero causare lesioni o scheggiature sul rivestimento durante la stagionatura e all'esposizione alle condizioni ambientali; quasi certamente avverranno scheggiature dopo un'esposizione a temperature elevate.

Cementi isolanti e di finitura

I cementi isolanti e di finitura della Thermal Ceramics sono normalmente applicati con la cazzuola.
Gli isolanti JM500 e JM460 sono ideali per l'isolamento di superfici irregolari, dove sarebbe impossibile applicare mattoni, o per l'isolamento delle condotte.
Il cemento di finitura JM375 (a presa idraulica) è impiegato per dare al rivestimento una superficie dura e liscia che, successivamente, può essere verniciata e impermeabilizzata.

Le istruzioni e le raccomandazioni per la posa in opera con cazzuola di questi prodotti sono simili a quelle precedentemente descritte; le ulteriori istruzioni che seguono vanno tenute in debito conto per la realizzazione di una corretta procedura di posa in opera.

La quantità d'acqua da impiegare per ottenere la richiesta consistenza da cui derivano elevate proprietà adesive deve corrispondere a quanto raccomandato nelle specifiche Thermal Ceramics.
Per ottenere i migliori risultati, è necessario impastare a mano piccole quantità in un recipiente piccolo.
Dopo la miscelazione, i cementi di finitura devono essere usati immediatamente mentre quelli isolanti devono sostare per 30 minuti circa per permettere una leggera pre-solidificazione che aumenterà le loro caratteristiche adesive.

Sebbene entrambi questi cementi possano essere applicati usando le tecniche succitate, la Thermal Ceramics suggerisce di installarli gettando contro la superficie da rivestire, piccole manciate d'impasto umido imprimendo una velocità tale che permetta loro di aderire e di unirsi le une alle altre per formare un rivestimento monolitico.
Anche per i cementi isolanti la tecnica di finitura deve essere ridotta al minimo come descritto in precedenza; per quelli di finitura, invece, è bene utilizzare il retro della cazzuola per ottenere una superficie liscia che possa poi essere verniciata o impermeabilizzata.

I tecnici Thermal Ceramics sono a disposizione per fornire tutte le informazioni e i chiarimenti necessari.

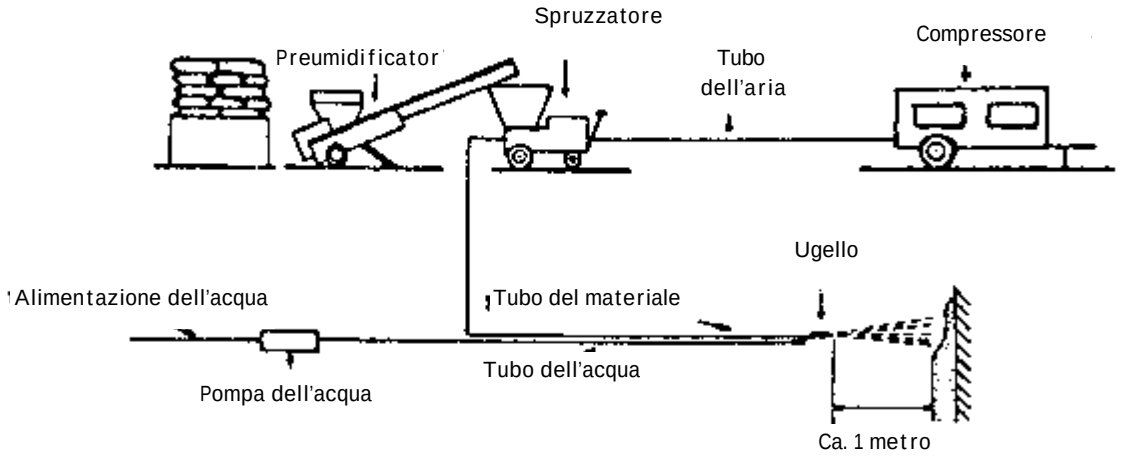
3.3 SPRUZZO PNEUMATICO

Per la posa in opera di calcestruzzi refrattari, la Thermal Ceramics normalmente preferisce che sia impiegato il metodo della gettata piuttosto che quello pneumatico perché permette un controllo più accurato della miscela e della sua posa e, di conseguenza che si producano proprietà termo-fisiche più vicine ai calori pubblicati nella letteratura tecnica.

La Thermal Ceramics tuttavia riconosce che l'installazione con il metodo pneumatico è più rapida e per questo motivo offre una vasta gamma di prodotti appositamente formulati per questa tecnica.

Si raccomanda di applicare il principio dello spruzzo a secco ma con calcestruzzo pre-umidificato.

In questo processo, che viene condotto utilizzando apposite apparecchiature, il calcestruzzo pre-umidificato è inviato pneumaticamente sulla zona di installazione e, quindi, proiettato, misto ad acqua, da uno spruzzatore sulla superficie da rivestire.



La pre-umidificazione del cemento deve preferibilmente avvenire in apparecchiature apposite.
In loro mancanza, bisogna usare un mescolatore verticale a pale che va sistemato vicino alla pompa per cemento. La quantità di acqua necessaria per la pre-umidificazione, sia per i calcestruzzi densi che per quelli leggeri, è circa 1/5 di quanto specificato sui manuali Thermal Caramics. La rimanente acqua viene aggiunta allo spruzzatore, sotto forma di spruzzo leggero, in quantità tale da ottenere la consistenza adatta per la spruzzatura (questa è normalmente la quantità massima consentita senza che il refrattario dia segni di cedimento).

Il materiale preumidificato deve essere mescolato fino ad ottenere una buona omogeneità, senza grumi e va utilizzato nei 20 minuti successivi.
La pre-umidificazione riduce la presenza di polvere all'estremità dello spruzzatore consentendo all'operatore una migliore visibilità e permettendogli di controllare meglio sia la quantità d'acqua da aggiungere che lo spessore del rivestimento da realizzare. Inoltre, la preumidificazione permette che il cemento riceva meglio l'aggiunta d'acqua dall'effusore, migliorando l'iniettabilità dell'impasto e riducendo al minimo la segregazione e gli sfridi di rimbalzo.

Il successo pieno di un'applicazione a spruzzo dipende, in gran misura, dall'abilità dell'operatore e dall'uso corretto delle apparecchiature e dei materiali.
L'impianto di spruzzo richiede una costante alimentazione d'acqua e d'aria, le cui rispettive pressioni dipendono da numerosi fattori quali la distanza tra la pompa per cemento e lo spruzzatore, la dimensione dello spruzzatore, l'altezza della superficie da rivestire dal pavimento e, infine, il tipo di calcestruzzo da spruzzare.
E' essenziale che ci sia una comunicazione diretta tra gli operatori alla pompa per cemento e allo spruzzatore. Se la comunicazione diretta è impossibile si raccomanda l'uso di telefoni portatili.

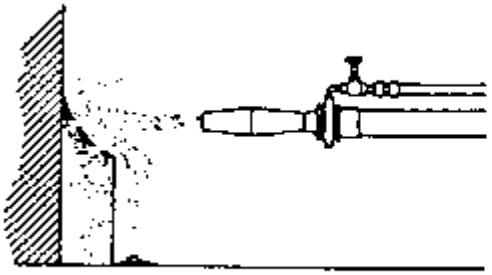
Una volta iniziata, la spruzzatura deve continuare senza interruzioni fino all'ultimazione del rivestimento o della sezione stabilita.
Le interruzioni vanno programmate in modo da eseguire settori completi. Quando si prevede che un’interruzione debba durare più di 10 - 15 minuti, la porzione spruzzata con spessore minore del necessario va rimossa e scartata.

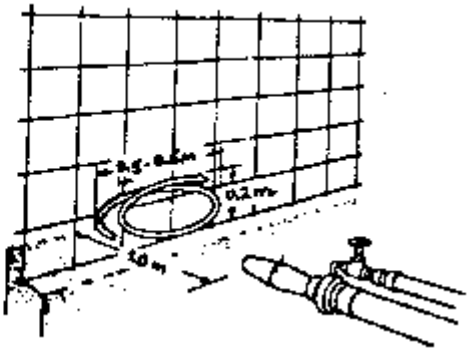
In nessun caso, è consentito sovrapporre altro materiale allo strato già posato per raggiungere lo spessore richiesto.
Se si eseguono rivestimento multistrati, il primo strato deve trattato in modo che non assorba acqua da quello successivo.
I bordi delle sezioni di calcestruzzo incomplete dovranno essere tagliati perpendicolarmente alla superficie completata ed il materiale che precede l'interruzione va rimosso e scartato.

Il lavoro deve sempre procedere lungo il bordo bagnato della striscia appena ultimata cercando di realizzare lo spessore completo del rivestimento il più velocemente possibile prima di procedere con un'altra sezione.

La superficie di lavoro è generalmente suddivisa in sezioni di 2mt. x 2mt. circa. Il controllo dello spessore va eseguito con listelli di altezza uguale allo spessore da realizzare; la posa in opera va eseguita a sezioni alternate da cui rimuovere, a presa iniziata, i listelli di controllo prima di procedere con la spruzzatura delle sezioni vicine.

Un metodo alternativo per il controllo dello spessore, essenziale per superfici sferiche, per esempio, consiste nel saldare sulla struttura dei tondini di circa 2 mm di diametro, distanti circa 600 mm uno dall'altro e di lunghezza uguale allo spessore del rivestimento.





Lo spruzzatore deve formare un angolo di circa 90 gradi con la superficie da rivestire ed essere mantenuto ad una distanza da essa di circa 1mt. Durante l'applicazione, lo spruzzatore va mosso con piccoli movimenti circolari per ridurre le perdite per schizzi di rimbalzo ed il rischio di laminazione e per dare al materiale una struttura omogenea.
E' importante che il materiale sia spruzzato su piccole superfici per volta fino a raggiungere lo spessore finale.

Quando si spruzza su pareti verticali è bene procedere dal basso verso l'alto, per evitare che schizzi di materiale cadano attaccandosi alla struttura del forno ancora da rivestire oppure agli ancoraggi situati in basso.
Occorre fare attenzione affinché eventuali schizzi di rimbalzo non vadano a finire nel getto che si sta spruzzando il che comporterebbe discontinuità e zone deboli nel rivestimento.

Una superficie spruzzata standard presenterà un aspetto ruvido con uno scarto di 3 - 10 mm tra la massima sporgenza e la minima rientranza, e questo dipende dalla granulometria dei materiali utilizzati nella miscela. Per alcune applicazioni, questa finitura è accettabile e lo spessore del rivestimento sarà misurato sulla media tra massime sporgenze e minime rientranze. Per molte altre applicazioni è più facile ed anche più veloce, spruzzare ad uno spessore superiore e quindi rasare per ottenere lo spessore desiderato. Questo è particolarmente importante quando bisogna rispettare una distanza stabilita fra la superficie da rivestire e i tubi di processo o dove viene imposto un preciso spessore.

Ove si renda necessaria la rasatura, la superficie va lavorata con una cazzuola o un frattazzo metallico, oppure, ancora meglio, con una spatola speciale immediatamente dopo l'ultima spruzzatura.
Non bisogna in ogni caso realizzare una superficie liscia.

In tutte le operazioni di spruzzo è inevitabile che schizzi di materiale rimbalzino cadendo a terra; naturalmente questo materiale va rimosso e gettato via.

La quantità di questi sfridi dipende da molti fattori particolarmente nella fase iniziale dei lavori quando il materiale è spruzzato contro la superficie metallica del forno. La quantità di sfridi è maggiore su di un rivestimento sottile che non su di uno con maggiore spessore anche se posati nelle stesse condizioni; come pure le spruzzature sottotesta produrranno sfridi maggiori di quelli che si hanno spruzzando su pareti verticali.

Margini

Nel calcolare la quantità di calcestruzzo necessaria in cantiere per un'applicazione con proiezione pneumatica, bisogna tenere presente i margini conseguenti ai seguenti fattori: dislocazione dell'impianto, materiale impiegato e difficoltà dell'esecuzione.
La Thermal Ceramics indica, per i suoi calcestruzzi, un margine del 10% circa.

Per quanto riguarda la dislocazione, il margine è normalmente del 5% circa per arrivare fino al 10% e oltre per installazioni in luoghi lontani o scomodi.
Le difficoltà di esecuzione dipendono da molti fattori quali, l'abilità dell'operatore, la posizione della superficie (es. orizzontale o verticale), la spaziatura ed il tipo degli ancoraggi, lo spessore del rivestimento e le condizioni ambientali. Anche se esistono tabelle che stabiliscono gli indici di difficoltà per una vasta gamma di casi, si possono prendere come riferimento i seguenti valori:
- Parete verticale : 10-15%
- Volta : 30-40%

La somma di questi tre fattori permette di determinare i margini come segue:

	Margine per materiale	Margine per dislocazione	Margine per difficoltà	Margine Totale
Attività locali				
- pareti verticali	10%	5%	10-15%	25-30%
- volte	10%	5%	30-40%	45-55%
Zone lontane o scomode				
- pareti verticali	10%	10-15%	10-15%	30-40%
- volte	10%	10-15%	30-40%	50-65%

Tutte le società di progettazione hanno i loro standard per i margini totali di posa a spruzzo che generalmente rientrano nei summenzionati valori e tuttavia le migliori, per uomini ed apparecchiature, sono in grado di avvicinarsi ai limiti inferiori e addirittura di migliorarli.

I tecnici della Thermal Ceramics sono comunque a disposizione per eventuali ulteriori chiarimenti e istruzioni al riguardo.

4.1 STAGIONATURA

Quando si aggiunge acqua ad un calcestruzzo contenente cemento alluminoso, l'idratazione che segue è accompagnata da sviluppo di calore.
Questo calore è sufficiente per liberare una percentuale d'umidità, sotto forma di vapore, che può impedire un'idratazione completa.
Per compensare questa perdita d'umidità e permettere un'idratazione completa per ottenere la massima resistenza meccanica del cemento, è necessario un processo di stagionatura. Esso consiste nel mantenere la superficie del rivestimento il più umida e fresca possibile spruzzandola con acqua fresca e pura ad intervalli regolari o ricoprendola con sacchi mantenuti costantemente umidi. Talvolta, nel caso di camini o di piccoli recipienti, l'alternativa consiste nel sigillare l'intero manufatto a tenuta d'aria per trattenere tutta l'umidità all'interno.
Il processo di stagionatura dovrà iniziare immediatamente dopo l'inizio della presa quando la superficie del rivestimento sarà abbastanza dura da consentire lo scorrimento dell'acqua su tutta la superficie e dovrà durare per almeno 24 ore.
Forme e casseforme possono rimanere sul posto
Durante la stagionatura, la temperatura del rivestimento refrattario dovrà essere mantenuta tra i 10 e 32°C.

In condizioni di bassa temperatura, la percentuale d'evaporazione è generalmente più bassa e quindi il processo di stagionatura può non essere necessario; ad ogni modo, la temperatura del rivestimento deve essere mantenuta al di sopra dei 10°C ed, in nessun caso, bisognerà lasciare che il materiale geli durante la presa e la stagionatura o fino a che il rivestimento non sia seccato e abbia raggiunto le sue condizioni di stabilità.

In condizioni di alta temperatura, la percentuale di evaporazione è generalmente alta e quindi l'operazione di stagionatura diventa di vitale importanza. Il rivestimento deve essere mantenuto bagnato e fresco durante le prime 24 ore. Se la posa in opera avviene all'aperto, la superficie deve essere protetta dai raggi del sole fino al completamento del processo di stagionatura.
Le strutture rivestite di refrattario non devono essere spostate prima del completamento della stagionatura e non devono essere né imballate né trasportate prima del completamento dell'essiccamento all'aria.

I rinforzi delle casseforme metalliche devono essere tali da impedire che flessioni e distorsioni danneggino il rivestimento.

4.2 ESSICAMENTO ALL'ARIA E VENTILAZIONE

Una volta terminato il processo di stagionatura, il rivestimento di calcestruzzo deve essere essiccato all'aria ad una temperatura ambiente, di almeno 10°C ed il più lungo possibile (non meno di 24 ore) per ottenere le condizioni di stabilità necessarie prima dell'accensione.
Questa operazione consente la riduzione della quantità d'acqua libera nel calcestruzzo che potrebbe causare reazioni chimiche indesiderate, tra le superfici del rivestimento e l'atmosfera.
Questo potrebbe verificarsi se il rivestimento, dopo la stagionatura, fosse lasciato per qualche tempo in aria ambiente umida e senza alcuna essiccazione.
Generalmente, questo fenomeno, conosciuto come "idrolisi alcalina" accade più facilmente con i calcestruzzi isolanti che contengono inerti porosi che assorbono alte percentuali d'acqua di miscela.
E' un effetto che si manifesta maggiormente in installazioni eseguite col freddo o in paesi freddi dove, solitamente, l'aria è umida ed il tasso d'evaporazione è basso.
Questo fenomeno indesiderato accade più facilmente in ambienti chiusi quali moduli di forno assemblati e non ventilati all'interno.
L'ideale sarebbe quindi un essiccamento completo del rivestimento di calcestruzzo immediatamente dopo il trattamento di stagionatura. Se questo non fosse possibile, bisogna impedire che il rivestimento rimanga in ambiente chiuso ed umido. Si raccomanda quindi di assicurare una buona ventilazione sia lasciando il rivestimento in una zona ben ventilata o, preferibilmente, procedendo con una ventilazione forzata su tutta la superficie per mezzo di un ventilatore possibilmente ad aria calda.
Nell'industria petrolchimica, la recente tendenza nella costruzioni dei forni, mira a ridurre i tempi d'installazione impiegando moduli di struttura in acciaio già rivestiti presso il fornitore della struttura del forno.

Si raccomanda quindi di essiccare e ventilare il rivestimento di calcestruzzo prima di imballare il modulo per la spedizione ed inoltre di assicurarsi che l'imballaggio sia impermeabile.
I rivestimenti di calcestruzzo correttamente trattato ed essiccato non devono essere esposti alla pioggia che provocherebbe effetti dannosi alle loro proprietà.

I tecnici della Thermal Ceramics sono in ogni caso disponibili per fornire eventuali ulteriori chiarimenti e istruzioni.

5.1 ISTRUZIONI PER LA POSA IN OPERA IN CONDIZIONI DI BASSE TEMPERATURE

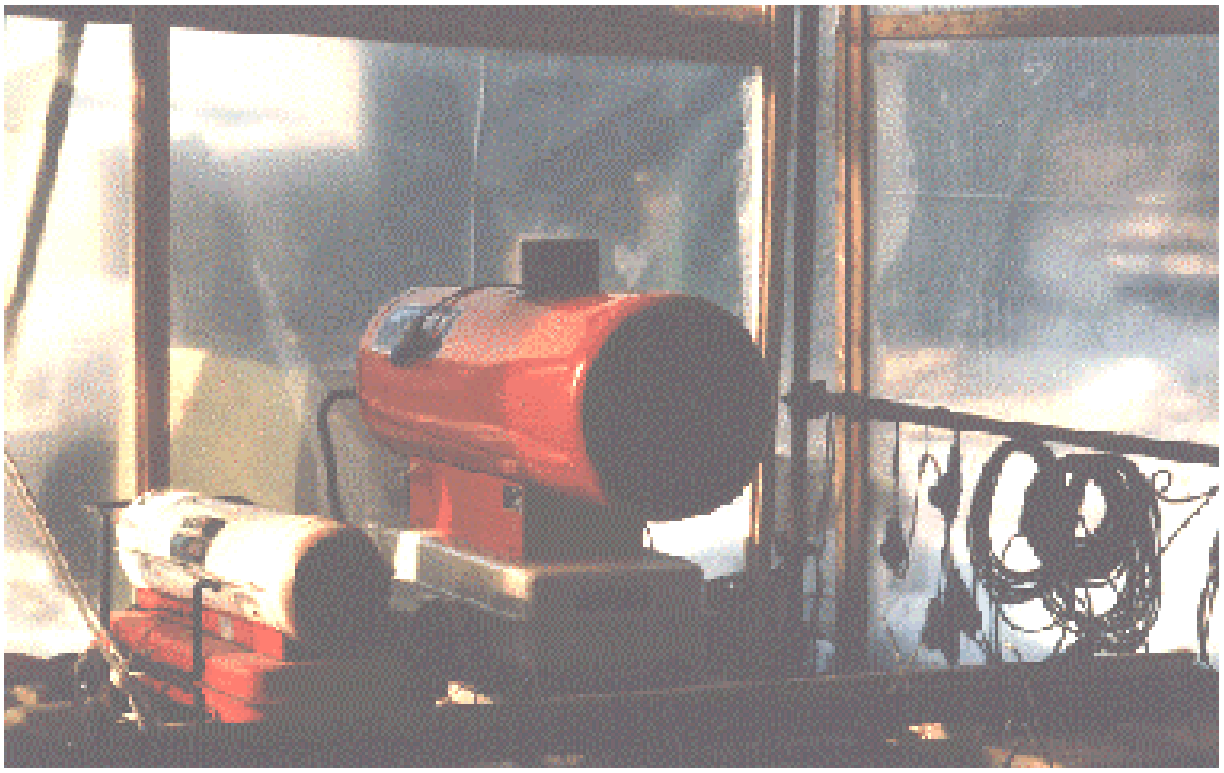
Quando la temperatura ambiente è inferiore ai 10°C non si possono installare né calcestruzzi densi né isolanti.
Col freddo, bisogna assicurare con riscaldamento artificiale una temperatura minima di 10°C sia all'acqua, sia al calcestruzzo che alla zona circostante (compreso la struttura del forno) fino a che non sia completati i processi di stagionatura e di essiccamento. Quando l'installazione avviene all'aperto, sarà necessario proteggere esternamente l'unità da rivestire e prevedere dei mezzi di riscaldamento adeguati per mantenere la temperatura ad un livello accettabile.
Si raccomanda di immagazzinare i calcestruzzi al riparo dal gelo e di trasferirli, almeno 48 ore prima dell'installazione, in locali più caldi ad almeno 15°C.
La temperatura dell'acqua di miscelazione deve essere superiore di 10°C (rispetto a quella del calcestruzzo); si raccomanda di riscaldarla, possibilmente, a 20-25°C, senza comunque superare i 30°C.

Le temperature della miscela secca e dell'acqua andranno controllate in modo da garantire alla miscela umida una temperatura superiore a 10°C.

Nelle applicazioni a spruzzo, più alta sarà la temperatura del materiale, migliore sarà la sua posa in opera e minore le perdite per rimbalzo.
Si consiglia una temperatura dell'acqua tra i 20° e 30°C.

Durante la posa in opera in opera e la stagionatura, la temperatura del rivestimento di calcestruzzo sarà mantenuta al di sopra di 10°C e si deve assolutamente evitare il congelamento.

Una volta completato il processo di stagionatura, il rivestimento va essiccato all'aria ad una temperatura ambiente superiore a 10°C, il più a lungo possibile, per assicurare condizioni di stabilità al materiale refrattario.
Il processo di essiccamento all'aria è importante soprattutto nella posa in opera di calcestruzzi isolanti leggeri a causa dell'elevata quantità di acqua che essi richiedono.
L'effetto "gelo" sui calcestruzzi refrattari a stagionatura ultimata, dipende esclusivamente dal loro contenuto di acqua libera. Se il calcestruzzo refrattario è stato completamente essiccato, gli effetti del gelo non avranno rilevanza alcuna.



10. Apparecchiatura per mantenere il materiale al di sopra di 10°C

5.2 ISTRUZIONI PER LA POSA IN OPERA A TEMPERATURE AMBIENTE ELEVATE

I calcestruzzi vanno immagazzinati in locali freschi, asciutti e ventilati, evitando l'esposizione diretta ai raggi solari.
Se la temperatura della miscela secca è elevata, prima del suo impiego essa deve sostare in luogo fresco per raggiungere una temperatura inferiore a 32°C.
Per la miscelazione usare acqua fresca; se necessario, raffreddarla senza scendere mai al di sotto dei 5°C.
Le temperature dell'acqua e della miscela secca andranno controllate per garantire una miscela umida di temperatura sempre inferiore a 25°C.
Se la struttura in acciaio del forno è esposta ai raggi del sole, si raccomanda che venga raffreddata ad una temperatura sempre inferiore a 32°C durante la posa in opera, la presa e la stagionatura del calcestruzzo; questo può essere fatto, tenendola al riparo dai raggi del sole e/o spruzzandola all'esterno con acqua corrente.
Alle alte temperature i calcestruzzi tendono ad indurire rapidamente; smuovendo l'impasto con un bastone o battendolo se ne ripristina la normale consistenza.
Per ripristinare la consistenza è bene evitare un'eccessiva aggiunta di acqua; se necessario, è meglio miscelare ed installare piccole quantità di calcestruzzo.
Per la posa a spruzzo, valgono le stesse precauzioni indicate per i getti.
Occorre scegliere un posto fresco dove operare. Il mescolatore, la miscela secca e l'acqua non vanno esposti ai raggi del sole.
Durante la stagionatura, come per la procedura a getto, il rivestimento refrattario va mantenuto a temperatura inferiore ai 32°C.
Il rivestimento va mantenuto bagnato e fresco durante le prime 24 ore; questo è particolarmente importante per i calcestruzzi con elevato sviluppo di calore per idratazione, essendo essi particolarmente vulnerabili se non sono stati correttamente stagionati.

Se quando sopra raccomandato non fosse possibile, l'installazione dovrebbe avvenire nelle ore notturne.
Per un corretto processo di stagionatura, vedere capitolo 4.1.

5.1 GIUNTI

I refrattari al riscaldamento si dilatano.

I giunti di dilatazione sono usati per permettere la dilatazione termica dei rivestimenti di calcestruzzi refrattari e sono sistemati dove il progettista giudica siano necessari per proteggere il rivestimento e la struttura da tensioni dovute a dilatazione termica non considerata.

I giunti di dilatazione vanno intervallati, sia in orizzontale sia in verticale, con spaziature non superiori a 1.5 m.

Quando si usano pannelli, i giunti di dilatazione tra loro devono essere guarniti con fibre ceramiche aventi adeguati limiti di temperatura d'esercizio, quali i Blankets della Thermal Ceramics (Cerablanket, Cerachem Blanket e Cerachrome Blanket) o i feltri (Cerafelt).
Giunti e tagli di separazione sono usati per distribuire uniformemente il ritiro del rivestimento per evitare la formazione di cricche.
Anch'essi dovrebbero avere distanziatura uniforme non superiore a 1,5 MT sia in orizzontale sia in verticale.
I giunti di separazione si formano naturalmente se il rivestimento è installato pannello per pannello, e sono particolarmente raccomandati nelle grandi superfici o per costruzioni a pannelli dove è necessario un rivestimento in grado di assorbire sollecitazioni meccaniche.

I tagli di separazione sono eseguiti a mano incidendo la superficie del calcestruzzo prima che faccia presa e devono essere circa 1,5mt di lunghezza e 25mm di profondità. Sono sempre richiesti nei rivestimenti di calcestruzzo denso; non sono invece indispensabili, ma consigliati, con i calcestruzzi refrattari isolanti e refrattari isolanti leggeri. I tagli non dovranno essere eseguiti meccanicamente dopo la posa in opera, quando il calcestruzzo si è già rassodato.

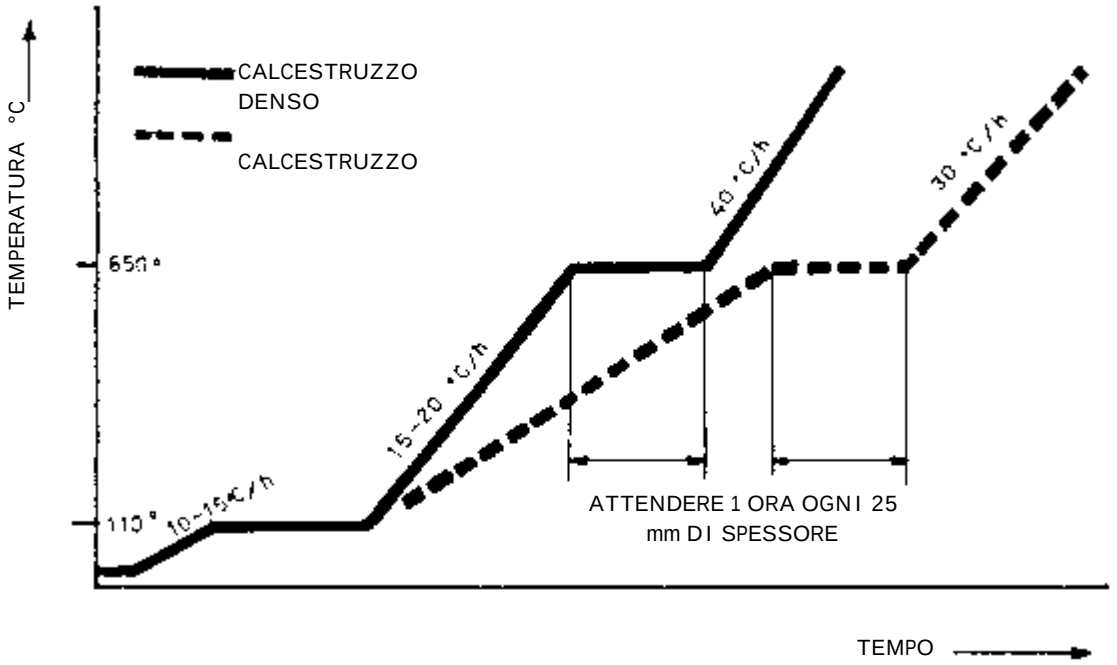
6.2 MESSA IN TEMPERATURA DI ESERCIZIO

Prima della loro messa in esercizio, tutti i rivestimenti di calcestruzzo refrattario devono essere completamente cotti.
I calcestruzzi non cotti presentano una bassissima permeabilità perciò l'acqua che essi contengono va eliminata lentamente per evitare la formazione d'alte pressioni all'interno della struttura del refrattario che potrebbe portare alla formazione di scaglie esplosive e quindi danneggiare il rivestimento.
Il processo di cottura deve essere condotto secondo diagrammi tempo/temperatura ben definiti. Questi dipenderanno dalla quantità e dal tipo di calcestruzzo ed anche dallo spessore totale del rivestimento; in generale, maggiore è lo spessore più lungo sarà il processo.
Una volta iniziata, la cottura non deve essere arrestata o interrotta. In caso d'inevitabile interruzione, il rivestimento va mantenuto caldo. Se non si può evitare il suo raffreddamento, bisogna però fare in modo che esso avvenga lentamente ed il riscaldamento successivo andrà eseguito secondo i diagrammi originali.
Le seguenti regole sono valide in generale per la prima cottura di un rivestimento di calcestruzzo:

- Un flusso continuo d'aria deve attraversare il forno per togliere l'umidità;
- Fino al superamento dei 650°C (vedi sotto) ogni contatto con la fiamma va evitato;
- Ridurre al minimo possibile le fluttuazioni di temperatura.

Calcestruzzi densi

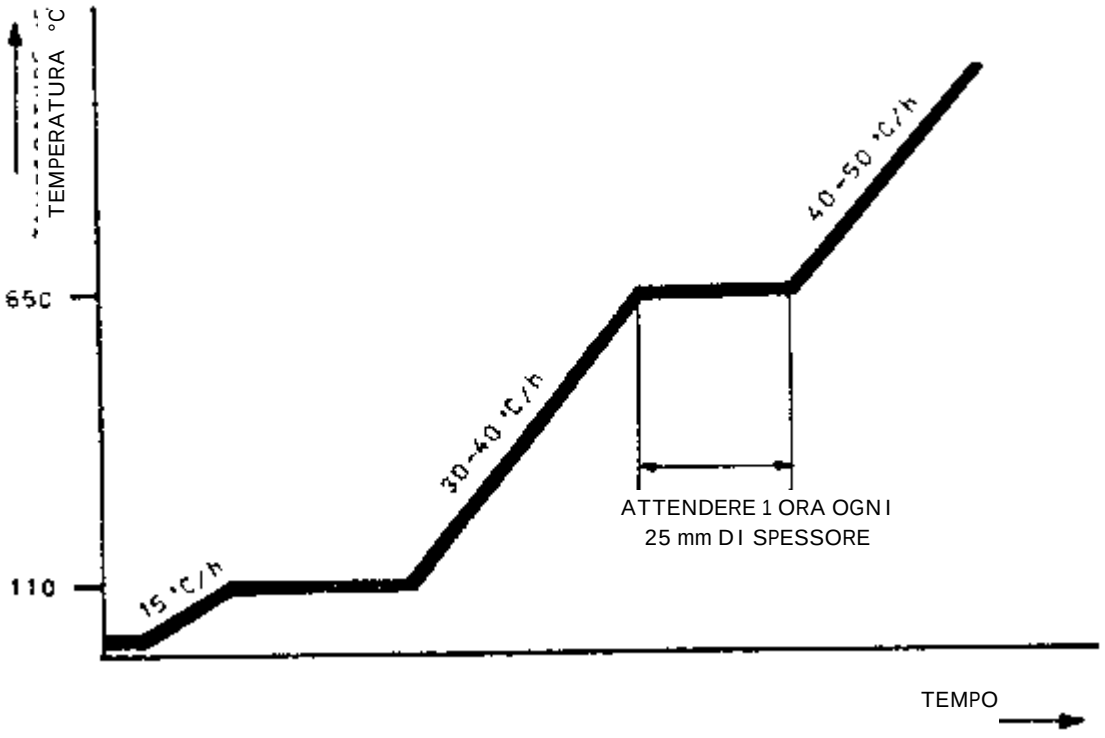
I rivestimenti di calcestruzzi densi tradizionali vanno cotti uniformemente con un gradiente di temperatura di 10-15°C per ora fino a 110°C. La temperatura di 110°C va mantenuta per almeno 18-24 ore ed oltre, e in ogni modo fino a quando cesserà la formazione di vapore.
In seguito, come indicazione, si suggerisce di aumentare la temperatura fino a 650°C con un gradiente di 15-20°C/h (10°C/h per i calcestruzzi la cui densità a secco sia superiore a 2400 Kg./m3). Questa temperatura (650°C) deve essere mantenuta per almeno un'ora ogni 25mm di spessore per uniformare la struttura del rivestimento. In seguito, la temperatura può essere aumentata fino al raggiungimento della temperatura d'esercizio con un andamento di 40°C/h (30°C/h per i calcestruzzi con densità a secco superiore a 2400
Kg./m3).



Calcestruzzi isolanti

I rivestimenti di calcestruzzi isolanti vanno cotti uniformemente con un gradiente di temperatura non superiore ai 15°C/ora fino a 110°C che devono essere poi mantenuti per 18-24 ore, o più, in funzione dello spessore del rivestimento e in ogni modo fino a quando cesserà la formazione di vapore.
Successivamente, a titolo d'indicazione, si suggerisce di aumentare gradualmente e uniformemente la temperatura fino a 650°C con un andamento di 30-40°C/h.
Sostare quindi a 650°C per almeno un'ora per ogni 25mm di spessore per uniformare la struttura del rivestimento. In seguito, la temperatura può essere aumentata fino al raggiungimento di quella d'esercizio al ritmo di 40-50°C/ora.

Per ulteriori informazioni, o per progetti speciali, contattare i tecnici della Thermal Ceramics.



7.1 ISPEZIONI

Ad installazione ultimata, il rivestimento va ispezionato per verificare la sua conformità al progetto ed alle specifiche, e per assicurarsi che potrà sopportare le condizioni di servizio cui è destinato.
Il rivestimento deve essere ispezionato solo da tecnici esperti.
L'ispezione deve essere visiva e sonora (con martello) e va eseguita successivamente ai processi d'essiccamento all'aria e di cottura.

Ispezione visiva

L'ispezione visiva ha lo scopo di rilevare l'eventuale presenza di cricche localizzate e/o concentrate. Se ci sono, è necessario verificare se sono tali da impedire il funzionamento normale del forno.
Occorre riparare le cricche d'ampiezza superiore a 1,5mm ciascuna come pure le zone in cui le cricche di circa 1,5mm sono distribuite a meno di 300mm di distanza l'una dall'altra, indipendentemente dalla loro grandezza, vanno anche riparate le zone con cricche incrociate che potrebbero rappresentare punti deboli nel tempo e per effetto delle temperature future.
Normalmente un rivestimento tende a muoversi maggiormente durante il riscaldamento e, pertanto, il pericolo di cricche accade durante il raffreddamento.
Se possibile, si raccomanda quindi vivamente di effettuare l'ispezione visiva dopo il raffreddamento.
L'ispezione visiva ha anche lo scopo di controllare la finitura e il dimensionamento del rivestimento come pure le dimensioni ed i posizionamenti dei giunti d'espansione che devono essere dichiarati conformi; sempre in corrispondenza dei giunti, è bene controllare che al loro interno non ci siano state infiltrazioni di materiale estraneo nel qual caso occorre pulire accuratamente e ripristinare l'assetto originale del giunto.

Ispezione sonora (Prova col martello)

Questa ispezione è generalmente conosciuta come "prova a percussione". Essa va eseguita colpendo l'intera superficie di un rivestimento con un martello apposito a punta sferica del peso raccomandato di 450 grammi. Il rivestimento va martellato secondo varie griglie specifiche in anticipo. Per esempio, la volta richiede intervalli di 600 mm mentre le pareti verticali e i pavimenti vanno martellati ad intervalli di 900 mm.

L'ispezione sonora metterà in evidenza l'omogeneità, o meno, di un rivestimento. Un orecchio esperto sarà in grado di percepire quei difetti che potrebbero provocare danni al rivestimento, come rotture, vuoti, sfogliature, etc.

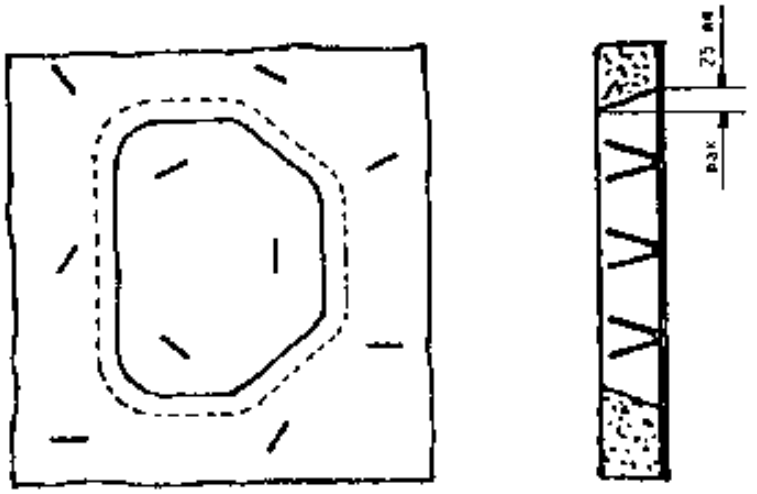
I rivestimenti cotti sono più facilmente ispezionabili poiché i suoni che si percepiscono su un rivestimento sottoposto a cottura sono più facilmente distinguibile rispetto a quelli che si percepiscono martellando un rivestimento essiccato solamente all'aria.
Nel caso di rivestimenti multistrati, la prova a percussione va eseguita su ogni strato dopo aver eseguito il trattamento di stagionatura sullo/sugli strato/i precedente/i.
Se il suono evidenzia un'irregolarità su un'area di dimensioni maggiori di 150 mm x 150 mm, questa va riparata. Tutte le zone molli o con inclusioni che riducono l'effettivo spessore del rivestimento per più di un quarto del suo valore o in ogni caso per una profondità maggiore di 13 mm, vanno rimosse.
Nel caso che l'estensione interessata ai difetti, cioè cavità, inclusioni, cricche maggiori di 1,5 mm d'ampiezza e qualsiasi difetto su superfici classificate critiche, sia maggiore del 25% dell'intera superficie del rivestimento è buona norma rifarlo completamente.
La decisione sarà presa dall'ispettore oppure dal tecnico dell'impresa utilizzatrice.

7.2 RIPARAZIONI

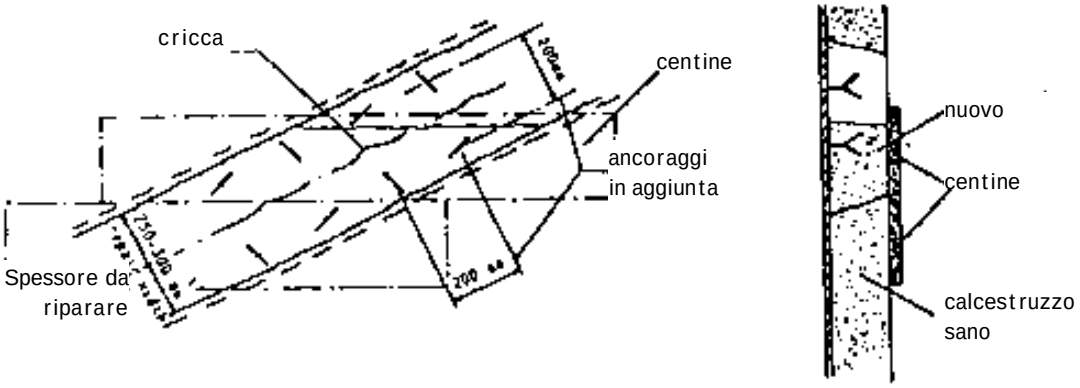
Se l'ispezione mostra difetti come prima descritti su aree maggiori di 150 mm x 150 mm, occorre rimuovere per tutto lo spessore il rivestimento difettoso per un'estensione che comprenda almeno 3 - 4 ancoraggi.
Bisogna prestare attenzione, durante la rimozione, di non danneggiare né il rivestimento adiacente integro né lo strato sottostante nel caso che ci sia.
La rimozione del calcestruzzo deve procedere, tra gli ancoraggi, con una piccola angolazione rispetto a eventuali riparazioni intermedie.
La zona da riparare va ripulita da ogni detrito e il materiale integro adiacente deve essere ben bagnato prima della posa in opera di nuovo calcestruzzo.
Per le riparazioni va impiegato lo stesso calcestruzzo usato per la prima installazione e, possibilmente, specialmente per superfici estese, va eseguita la stessa procedura per la posa in opera.

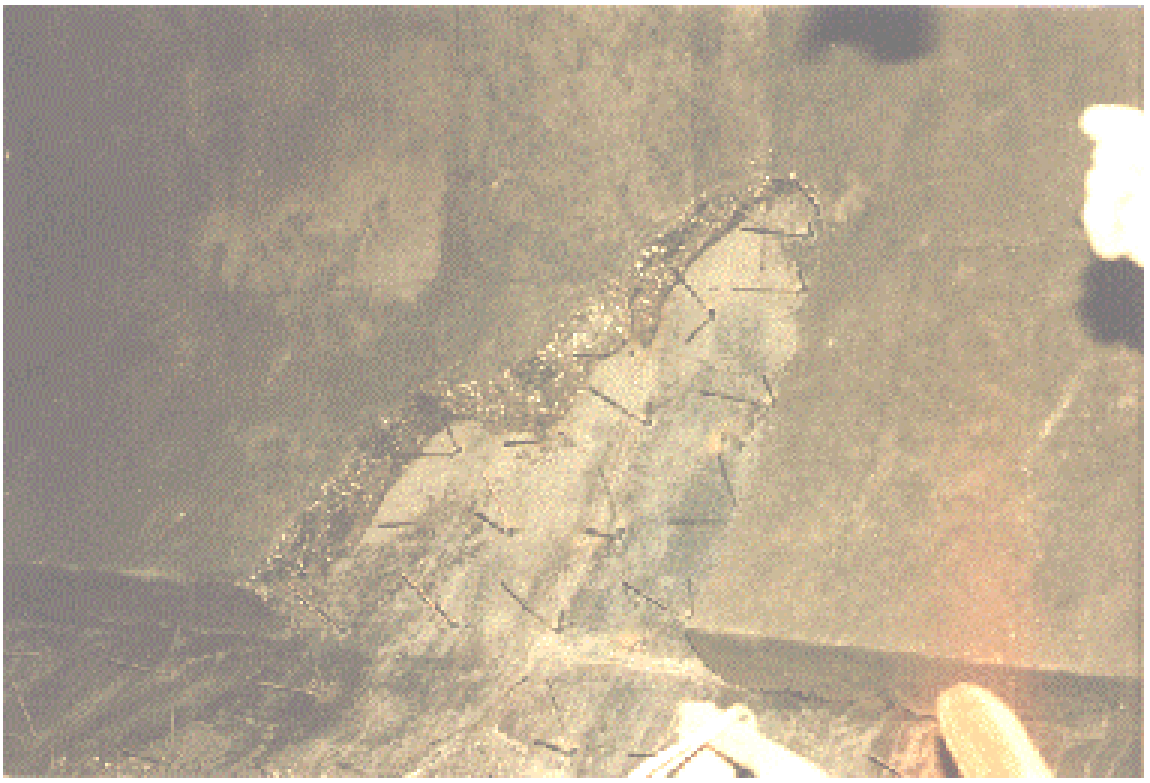
Nel riparare una cricca isolata occorre rimuovere il calcestruzzo lungo una fascia a cavallo della cricca, e parallela ad essa, larga 120-150 mm da ogni lato della cricca (larghezza totale=240-300mm). Si raccomanda di installare, se possibile, alcuni ancoraggi ausiliari lungo la zona da riparare in modo da realizzare una nuova maglia, longitudinale e trasversale, dal passo di circa 200 mm.
Il nuovo calcestruzzo va gettato in casseforme appoggiate e fissate al calcestruzzo integro adiacente.
Quando, dopo l'essiccazione, si riscontrano zone tenere, è necessario asportare tale materiale solo se si ritiene che parte di esso si sgranerà in quantità tale da influenzare negativamente il corretto funzionamento dell'unità.
Se lo si ritiene necessario, asportare tale materiale fino ad incontrare calcestruzzo integro. L'entità dell'asportazione può essere inferiore ai limiti stabiliti al capitolo 7.1; se tali limiti sono superati, tutta la zona difettosa va ripristinata salvo che non si convenga che lo spessore ridotto sia sufficientemente a garantire le proprietà isolanti di progetto del rivestimento.
L'ispettore o il tecnico dell'utente possono respingere questa conclusione e richiedere, di conseguenza, la ricostruzione dell'area asportata.
I processi di maturazione, essiccazione e cottura delle zone riparate seguiranno le medesime tecniche già illustrate ai capitoli 4.1, 4.2 e 6.2.
Per piccole riparazioni (inferiori ai 3 m^2) si possono concordare con gli specialisti della Thermal Ceramics delle procedure accelerate di riparazione.

Riparazione di un singolo strato di rivestimento isolante



Riparazione di una cricca isolata in un rivestimento isolante

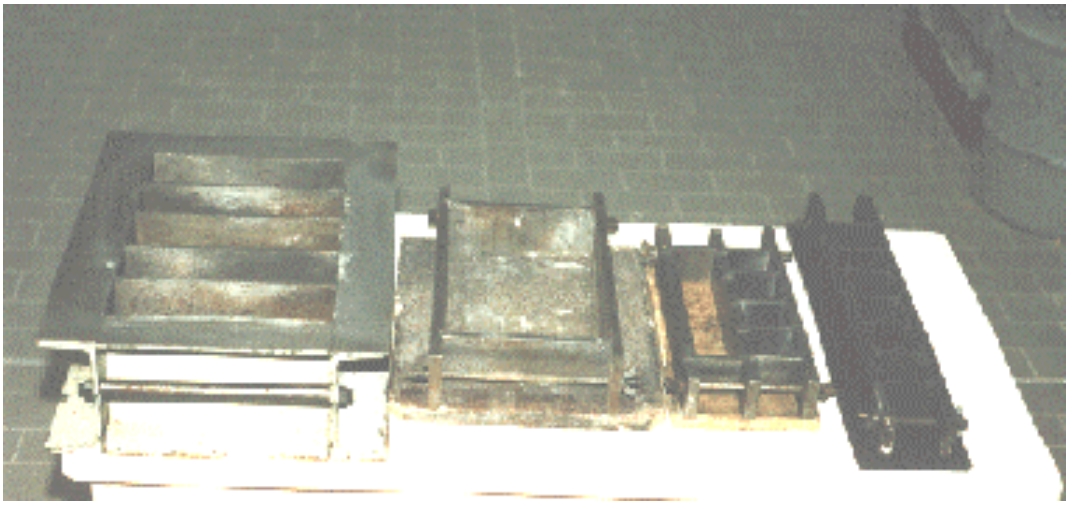




11. Asportazione di una zona difettosa per la riparazione

7.1 CAMPIONATURA E PROVE

Per realizzare le prove di qualità sui materiali da spedire è necessaria una campionatura che comporta una selezione del materiale in quantità relativamente ridotte ma comunque tali da essere sufficientemente rappresentative dell'intera fornitura. Da detta campionatura verranno poi realizzati una serie di provini con tecniche controllate da laboratorio (prove PRIMA DELLA POSA IN OPERA).
In aggiunta, e accade spesso con i calcestruzzi refrattari, possono essere richieste prove di laboratorio su campioni ottenuti in cantiere in fase di installazione. Questo viene fatto per conoscere aspetti della qualità di un rivestimento che viene posto in opera in condizioni sostanzialmente diverse da quelle di un laboratorio e che spesso sono molto lontane dalle condizioni ideali (prove DURANTE LA POSA IN OPERA).
Dopo l'installazione, le comuni ispezioni visiva e sonora (martello) rappresentano le normali prove non-distruttive su un rivestimento (prove DOPO LA MESSA IN OPERA).
La quantità dei campioni e l'estensione delle prove devono raggiungere, necessariamente, un compromesso tra la possibilità del fornitore e la necessità dell'utilizzatore.
La quantità totale del calcestruzzo destinato a un particolare progetto e il tempo occorrente per le prove fisiche sui campioni, l'analisi dei risultati, la revisione e il rilascio della certificazione sono tutti fattori importanti per decidere la quantità massima delle prove da eseguire da parte di un laboratorio, in funzione dei tempi di installazione desiderati. È fondamentale quindi, all'atto dell'ordinazione, concordare esattamente le caratteristiche da controllare e il numero di prove da eseguire.
I metodi di prova sono quelli universalmente riconosciuti: ASTM, DIN, AFNOR, JIS. Talvolta la Thermal Ceramics può produrre un metodo di prova interno , usualmente basato sulle norme ASTM, sviluppato con uno scopo specifico generalmente per ridurre i tempi.
È politica corrente della Thermal Ceramics di essere assolutamente disponibile con il cliente per concordare un piano di controllo di reciproca soddisfazione.



12. Forme per campionature

8.2 PROVE PRIMA DELLA POSA IN OPERA

La Thermal Ceramics applica una politica di Assicurazione della Qualità che, tra l'altro, prescrive che tutti i materiali prodotti nei propri stabilimenti siano controllati, accettati e certificati per la spedizione unicamente con il benestare del responsabile del Controllo Qualità dello specifico stabilimento di produzione.

Il primo vero atto del processo di controllo qualità riguarda l'idoneità delle materie prime. Le proprietà che ad esse devono competere sono esaurientemente descritte nelle specifiche di acquisto imposte ai fornitori. Indipendentemente da questo, tutte le materie prime in ingresso sono rigorosamente controllate prima di essere approvate per la produzione di calcestruzzi.

La miscelazione delle materie prime è computerizzata, il che elimina i rischi dovuti a un non corretto dosaggio dei componenti e ad un'impropria miscelazione. Successivamente, su ogni lotto di produzione, vengono abitualmente eseguite prove al vaglio (setaccio), controllo sul rapporto acqua / miscela, prove di resistenza alla compressione a freddo e controlli sulla variazione lineare permanente. Prove periodiche vengono eseguite a diversi intervalli sull'analisi chimica, la conducibilità termica, la resistenza allo shock termico, la resistenza all'abrasione e, quando applicabile, si verificano gli effetti in ambiente di CO (monossido di carbonio).

Per grandi progetti, presso i laboratori Thermal Ceramics possono essere eseguite delle prove alla presenza dell'ispettore del cliente o di un suo delegato, su campioni prelevati a caso tra il materiale pronto per la spedizione. Seguendo tale procedura, l'intero processo di campionatura, di preparazione dei provini, di esecuzione delle prove e di accettazione, può essere condotto nelle condizioni ideali.
Nel caso che un progetto presenti requisiti del tutto particolari, i tecnici del committente sono invitati, nella fase iniziale del contratto, a concordare con gli specialisti Thermal Ceramics un piano di campionatura e prove prima della spedizione, che sia accettabile per entrambe le parti.

Come già menzionato nel cap. 1.1 (stoccaggio), dopo un certo periodo di giacenza a magazzino un calcestruzzo, già qualificato dai test eseguiti prima della spedizione, deve comunque essere riqualificato prima del suo impiego. A tale proposito, è sufficiente confrontare la resistenza alla compressione a freddo (dopo essiccamento a 105°C) e la densità apparente del calcestruzzo.
Questa procedura è particolarmente raccomandata se l'installazione è prevista in località lontana o in ubicazione difficoltosa dove i tempi di trasporto sono lunghi e le condizioni di stoccaggio a magazzino non sono conformi a quelle raccomandate.

Esame pannello – applicazione a spruzzo

Un esempio particolare di prova pre-installazione è l'esame pannello, impiegato, con il processo a spruzzo, per verificare l'idoneità dell'operatore e delle apparecchiature impiegate per un particolare calcestruzzo.
L'esame pannello è obbligatorio quando la posa in opera è eseguita appunto con l'applicazione a spruzzo e deve precedere l'inizio dei lavori di installazione del calcestruzzo. Il pannello va realizzato con lo stesso equipaggiamento che sarà poi utilizzato nel corso dei lavori. Le dimensioni del panello devono essere 900x900 mm minimo e con spessore pari allo spessore del rivestimento da eseguire.
Il pannello va spruzzato in verticale con l'ugello a distanza di circa un metro da esso.
Il pannello va eseguito secondo quanto descritto al cap. 3.3 (spruzzo pneumatico).

Il pannello va stagionato per 24 ore e poi essiccato a 105°C per altre 24 ore.
L'integrità del pannello va controllata al martello (cap. 7.1) e la sua densità deve essere misurata. Un pannello integro con densità nei limiti sarà sufficiente a qualificare operatore e apparecchiatura.
A discrezione del cliente o di un suo delegato, il pannello può venire sezionato in 4 parti per verificare la presenza di eventuali inclusioni o laminazioni.

8.3 PROVE DURANTE LA POSA IN OPERA

I provini preparati in loco sono generalmente di dimensione standard normalmente accettate ma talvolta alcune società di progettazione o i committenti preferiscono dei provini di dimensioni diverse. Lo scopo di questo tipo di provini è di rappresentare un rivestimento monolitico ai fini di stimare la sua qualità senza ricorrere a carotature o sezionature del rivestimento. Tale processo, insomma, mira a produrre dei provini secondo la stessa procedura, o almeno la più vicina possibile, a quella seguita per l'esecuzione del rivestimento.
Generalmente si concorda tra le parti che questi provini siano realizzati con la stessa miscela che verrà impiegata successivamente. I provini campione vengono prelevati alla posa in opera di ciascun settore di rivestimento e vengono opportunamente contromarcati (se si preferisce, la campionatura si può fare sul lotto lavorato).

La Thermal Ceramics suggerisce i seguenti metodi di campionatura in loco:

- **Posa in opera a getto**
  Prelevare durante la posa in opera un campione per ogni settore di rivestimento (o per lotto di produzione) e per ogni qualità di calcestruzzo utilizzato. Ogni campionatura deve consistere in 3 cubi di lato 50 mm ± 0.4 mm (oppure 2" ± 1/64") formati in stampi metallici o di plastica, in ogni caso omologati, con calcestruzzo prelevato da quello in fase di posa in opera. I cubi vanno stagionati, codificati e contromarcati accuratamente e questi riferimenti vanno riportati sui disegni del rivestimento. Va pure registrato il tipo di calcestruzzo impiegato in una particolare posizione.

- **Posa in opera a spruzzo**
  Prelevare durante la posa in opera un campione per ogni settore di rivestimento (o per lotto di produzione) e per ogni qualità di calcestruzzo impiegata. Ogni campionatura consiste in 3 provini da 114x114x64 mm ± 1.0 mm (oppure 4½"x4½"x2½" ± 1/32").
  Il calcestruzzo richiesto per queste prove è ricavato da un pannello di 600x600x75 mm spruzzato da ciascun operatore destinato al settore (o lotto) di rivestimento specifico. Il calcestruzzo viene spruzzato in una forma (in legno di spessore 25 mm, in lamiera da 3 mm) rigidamente fissata in verticale a un supporto con l'ugello a circa un metro di distanza (v. cap. 3.3). Il pannello va costruito di spessore leggermente superiore ai 75 mm e successivamente rasato a misura. Dalla zona centrale di tale pannello va ricavato, per l'intero spessore, un quadrato di circa 300 mm di lato, prima che il calcestruzzo ultimi la sua presa, che viene spesso messo a stagionare in una busta di plastica e codificato, registrato e conservato per necessità future.
  Per eventuali prove, formare i provini con sega diamantata, essiccarli a 105°C e procedere.

La Thermal Ceramics considera sufficiente questa prova-pannello ritenendo tale pannello sufficientemente rappresentativo del rivestimento reale. Comunque la preparazione di provini può mettere in evidenza micro-cricche e tensioni. Il confronto tra la resistenza di provini di 50 mm (tagliati) con quella di cubetti allestiti con lo stesso calcestruzzo può introdurre un ulteriore margine, circa del 10%, per tener conto del possibile indebolimento dovuto al taglio.

Le proprietà da controllare sui cubetti colati e sui provini spruzzati dipendono da molti fattori: il tipo di attrezzatura impiegata, il tipo di rivestimento, le condizioni di esercizio. Un altro fattore da tener presente è il modo in cui il materiale è stato consegnato, già premiscelato a secco (in sacchi) oppure con cemento e inerti separati per successiva mescola a secco in loco.
A meno di accordi diversi per un particolare progetto, la Thermal Ceramics consiglia le seguenti prove sui provini ricavati in loco:

- **Calcestruzzi già premiscelati**
  I cubetti campione vanno essiccati in stufa a 105°C e su di essi saranno eseguite una prova di densità e una prova di resistenza alla compressione a freddo.

- **Calcestruzzi forniti con cemento e inerte separati**
  Come per i calcestruzzi già miscelati, ma con doppia campionatura per quelle che sono considerate zone critiche del rivestimento, verranno provati i blocchetti campione dopo essiccamento a 105°C mentre la seconda terna di campioni verrà tenuta di riserva. Nel caso in cui sia la densità che la resistenza a compressione a freddo non siano soddisfacenti, i 3 cubetti di riserva dovranno essere essiccati in stufa a 105°C e quindi effettuate prove di confronto, oppure verranno eseguite prove secondo particolari richieste del cliente (p.es. dopo cottura per 5 ore a 815°C).

I criteri di accettabilità possono essere gli stessi sebbene le tolleranze possano essere aumentate; tutto questo può essere oggetto di accordo tra le parti interessate.

8.4 PROVE DOPO LA POSA IN OPERA

Se si sono rispettate tutte le istruzioni fornite in questo manuale, le prove dopo la posa in opera si possono limitare all'esame visivo e alla martellatura, come descritto nel cap. 7.1.

Comunque, qualora fosse necessario per risolvere dubbi circa la qualità del calcestruzzo installato, si possono carotare dei campioni direttamente dal rivestimento, riscaldarli in stufa a 105°C e quindi controllarne la resistenza a compressione a freddo e densità apparente.
In tal caso vanno prelevati provini di 50-75 mm di diametro e tagliati a misura per ottenere un rapporto lunghezza / diametro pari a uno. Vanno eseguite, come già descritto, prove a compressione.
Le prove di confronto tra i provini carotati e i cubetti da 50 mm di lato consentiranno un aumento della tolleranza (del 10%) sui criteri di accettabilità.

9.1 REALIZZAZIONE DEI SAGOMATI IN GETTATA

Una varietà di pezzi sagomati quali blocchi bruciatori, spiragli, blocchi supporto, diaframmi, tiraggi, ecc., vengono spesso gettati in forma in loco usando, preferibilmente, una tavola vibrante.
Si preferiscono forme o stampi metallici, ma possono essere impiegate forme in legno con le superfici interne opportunamente rivestite o trattate. Le forme vanno preparate in modo da facilitare sia la gettata, sia l'estrazione del pezzo e, nello stesso tempo, devono essere sufficientemente robuste per resistere alle vibrazioni del tavolo vibrante. Bisogna fare attenzione a fissare bene le forme per ottenere il massimo effetto dalla vibrazione.

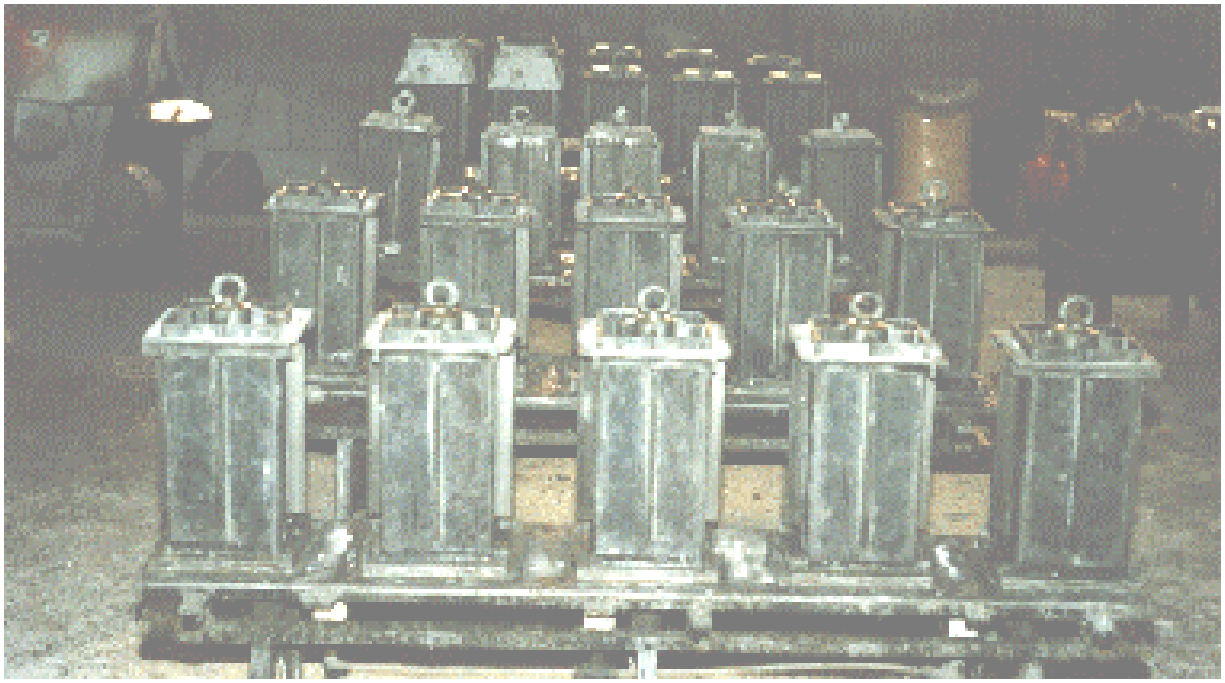
Nella fase progettuale occorre assicurarsi che i pezzi possano essere gettati con particolare riferimento alla possibilità di estrazione, per il cui ottenimento si può anche modificare leggermente il disegno della forma.
Per grandi serie si possono prevedere forme a perdere di basso costo (p. es. in polistirolo) in modo da eseguire sull'insieme pezzo-forma, oltre alla colata, anche i successivi trattamenti di stagionatura, essiccamento e cottura.

La miscelazione, la gettata, la stagionatura, l'essiccamento e la cottura seguiranno le stesse prescrizioni date in precedenza. Comunque, per motivi economici, è bene che il cantiere sia provvisto di mescolatori, di batterie di tavoli vibranti, di un locale per la stagionatura, di un essiccatore e un forno di capacità adeguate.
Il cantiere (cioè il locale dove si preparano i pezzi) deve essere pulito, dotato di acqua potabile e di un sistema di aspirazione. Va mantenuto a temperatura conveniente e deve prevedere delle scaffalature per la conservazione dei modelli.
È un'attività da affidare a specialisti.

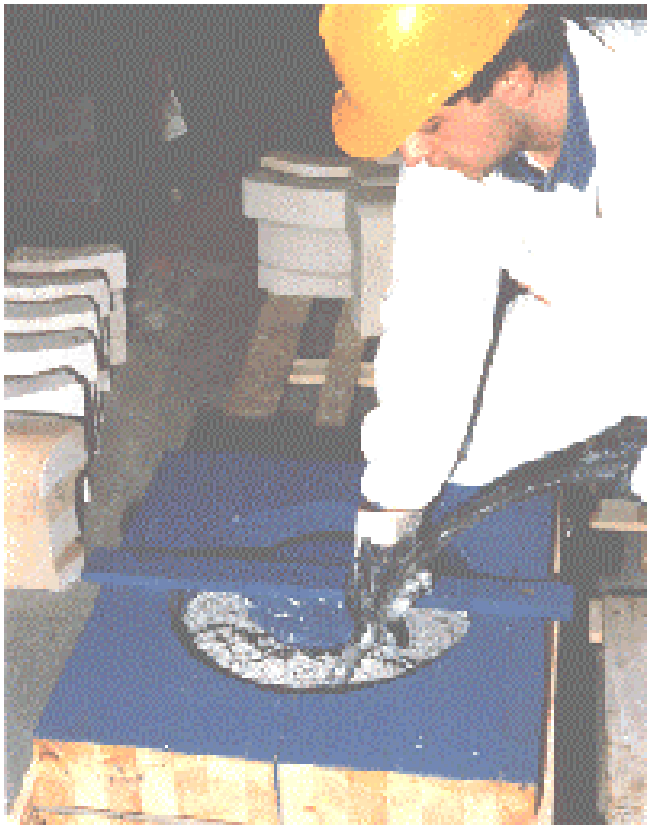
Dopo l'estrazione di un pezzo, la forma deve essere accuratamente pulita, oliata e preparata per il getto successivo. Tutti i calcestruzzi da getto Thermal Ceramics consentono normalmente, per ciascuno stampo, due colate al giorno (escluso l'eventuale turno di notte).
Di questo va tenuto conto per rispettare i termini di consegna contrattuale considerando anche, oltre un certo margine per gli imprevisti, i tempi necessari per i successivi trattamenti di maturazione, essiccamento e cottura, se richiesta.

In œrti casi, con i calcestruzzi densi e, maggiormente, quando la combinazione "quantità di pezzi da produrre / tempi di consegna" comporta un elevato numero di stampi innalzando, in tal modo, il costo unitario del pezzo, può risultare conveniente far ricorso ad uno dei calcestruzzi vibrabili tissotropici della Thermal Ceramics che consentono estrazioni frequenti riducendo così la quantità delle forme. Tutti i calcestruzzi densi vibrabili della Thermal Ceramics richiedono meno del 6% d'acqua; nonostante questa ridotta quantità, l'essiccamento e la cottura dei pezzi richiedono un'attenzione particolare, per evitare criccature e scaglie esplosive, anche se si è selezionato un calcestruzzo a cottura rapida. Ancora più necessario, di quanto non sia per le comuni gettate, diventa l'impiego di personale esperto nella costruzione dei pezzi con calcestruzzi vibrabili.

Per ottenere i migliori risultati, prima di iniziare la costruzione dei pezzi con calcestruzzi Thermal Ceramics, si possono contattare gli specialisti della Thermal Ceramics e, talvolta, può risultare risolutiva una visita in cantiere degli stessi.



13. Fabbricazione in reparto di pezzi con calcestruzzi vibrabili



14. Getto con l'ausilio di un vibratore ad ago